

Research and application of intelligent scheduling center system

Tao Wang

Information Technology Office, Dispatching Office, Jinan Bureau Group, Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

This study focuses on the intelligent optimization functions of Centralized Train Control (CTC) systems and their practical application value. Through in-depth analysis of features such as one-click route locking, equipment status comparison before and after construction operations, lighting alerts under LKJ driving modes, and dispatch operation retrieval systems, combined with CTC system development and innovative design, this research further leverages the technical advantages of CTC systems in enhancing train safety assurance and transportation efficiency. Guided by technology-driven empowerment, this study aims to promote high-quality development in railway dispatch informatization, offering significant theoretical and practical implications for improving dispatch safety and optimizing transportation organization.

Keywords

CTC system; intelligent; traffic safety; dispatching command.

调度集中系统智能化研究与应用

王涛

济南局集团公司调度所信息技术室, 中国·山东 济南 250000

摘要

本研究重点研究了调度集中系统(CTC系统)智能化优化功能及其实际应用价值。通过深入分析列车进路一键加锁、施工作业前后设备状态比对、LKJ行车模式下点灯提示、调度作业检索分析系统等功能,结合CTC系统相关功能研发及创新设计,进一步发挥了CTC系统在行车安全保障和运输效率提升方面的技术优势。本研究以科技赋能为导向,旨在推动铁路调度信息化建设的高质量发展,在提升调度安全保障、优化运输组织等方面具有重要的理论意义和实践价值。

关键词

CTC系统; 智能化; 行车安全; 调度指挥

1 引言

近年来,我国铁路运输规模不断扩大、运营环境日益复杂,CTC系统智能化已成为提升运输效率、保障行车安全的关键支撑和发展趋势。国铁集团提出聚焦深化现代化铁路科技创新体系,推进CTC系统隐患排查整治和功能优化升级作为2025年重点工作任务。CTC系统智能化研究不仅是适应运输调度集中统一指挥要求的必然趋势,更是铁路调度实现安全保障现代化转型的重要实践。

本文聚焦CTC系统智能化提升关键技术,通过整合多

专业、多系统数据资源,优化相关调度指挥系统功能,探讨调度集中系统智能化功能设计与应用价值,为铁路调度指挥体系的现代化发展提供技术支撑与实践参考。

2 现状分析

随着CTC系统的推广应用和普及,CTC区段的列车调度员正面临着从指挥员向操作员的转变,在调度指挥的过程中面临的实际操作程序也越来越多,安全风险也与日俱增,稍有操作不当,就会有造成耽误列车甚至引发行车事故的可能。

2.1 人工单锁道岔安全性、效率性低

现阶段列车调度员在办理重点列车的进路加锁时仍需采取人工方式逐个道岔单独操作确认的方式进行,不仅造成了较大的工作量负担,如果错误加锁道岔还存在严重的行车安全隐患。

2.2 施工前后设备状态一致性不能保证

工务、电务等设备管理部门在施工作业过程中需要通过CTC系统对信号机、转辙机等关键设备的技术指标进行

【基金项目】中国铁路济南局集团有限公司2024年科研课题“行车指挥系统智能化提升关键技术研究”阶段性成果(项目编号:2024Y06)。

【作者简介】王涛(1981-),男,中国山东高密人,本科,工程师,从事铁路行车组织、调度指挥研究。

周期性测试校验,但在施工开通后相关封锁标记未能及时准确解除的状况时有发生,往往会导致进路无法正常建立和信号机失效等问题。此外,在传统的调度指挥工作中,由于纸质台账记录方式存在效率低下、人为因素影响较大的局限性,导致在施工作业前后的设备状态信息登记环节容易出现漏记、错记等偏差问题。

2.3 常态灭灯的区段,信号机应点灯无提示

高铁《技规》规定:动车组列车按 LKJ 方式运行及动车组以外的列车,在信号机常态灭灯的区段,进入区间的行车凭证为出站信号机或线路所通过信号机显示的允许运行的信号,信号机应点灯。

2.4 调度员操作设备无检索和数据分析系统

现阶段对列车调度员的作业记录分析和检查都还都依靠人工统计阶段,不仅耗费大量的人力和时间,而且统计存在偏差,没有针对性。因此,急需一项新的调度系统分析软件来帮助调度管理人员来辅助完成相关工作。

3 调度集中系统智能化研究

通过开展 CTC 系统需求调研,征求相关调度工种的意见和建议,梳理明确相关功能的具体需求,对列车进路一键加锁、施工维修作业前后 CTC 设备状态比对检查、常态灭灯区段按 LKJ 方式行车点灯提示、调度作业检索等功能的可行性进行分析。根据系统整体方案及推进计划,进行了整个系统的开发。

3.1 列车进路一键加锁功能研究

通过在进路序列窗内可以实现某些车次(例如重点列车)的计划进路办理完成后将进路经过的道岔设备一键批量单锁的功能。站场图程序收到列车计划生成的进路序列后,在进路序列窗口显示进路序列具体信息,调度员操作触发进路,进路道岔一键单锁的命令会发送至车站自律机设备,自律机识别到进路经过的道岔设备,执行进路道岔一键批量单锁命令,并发出报警信息。在列车占用出清后,进路序列也会在后续出清完成,在出清完成前,自律机会发送告警,告知调度员及时解锁道岔设备。

3.2 施工前后设备状态比对功能

本研究通过提出“施工前后设备状态比对”这一方案,可以极大减轻调度员的工作强度并提升记录准确性的能力。该功能可在施工前自动采集车站设备的状态信息(例如有电、无电、封锁等),并将相关信息实时保存至系统的历史快照中。该功能采用了双模式的保存机制:其一为基于时间触发的自动保存机制,在中心控制权限从中心模式切换至非中心模式的关键时刻自动记录设备状态;其二为手动触发的保存模式,操作人员可根据实际需求通过点击按钮完成状态信息的即时保存。

3.3 CTC 系统常态灭灯区段按 LKJ 方式行车点灯提示功能

当前现场作业要求为在高铁 CTC 常态灭灯区段接发按 LKJ 方式运行的列车(例如天窗时段开行的路用列车)或接

发按 LKJ 方式、隔离模式运行的动车组列车时,均需按规定点亮信号灯。

该研究对接 LKJ 方式控车的列车,列车调度员在列车运行线属性菜单设置“LKJ 控车”,CTC 系统在自动排列列车进路前,检查进出站信号机点灯状态,当处于灭灯状态时,CTC 系统不能自动触发进路,并发出语音报警,防止调度员遗漏操作,有效提高调度作业安全保障性。

3.4 调度作业智能检索分析系统

本研究是基于调度员操作运行图、站场图和调度命令的相关数据,结合操作标准规范,系统检索与分析调度员的关键行为操作。针对现有条件下调度员违规操作行为难以有效捕捉、违章等问题发生时具体操作过程无法完整还原的情况,开展深入研究。通过构建智能化的调度指挥分析系统,实现调度指挥作业的精细化与标准化管理,为高质量的作业安全卡控和效率效益综合分析提供有力支撑。此系统功能可以实现运输组织管理和调度指挥操作向电子化、程序化、标准化方向发展,逐步推进辅助决策的智能化转型。

4 技术方案与实现路径

4.1 列车进路一键加锁功能

4.1.1 功能需求

列车进路一键加锁功能实现的其主要目的是对重点列车进路的预先检查及道岔的一键锁定。在现有作业流程中,对重点列车或其他有特殊要求的列车,在正式办理进路之前,须逐一检查进路上所有相关设备的状态是否满足进路办理条件;在进路排列完成后,还需逐一对进路上所有道岔进行加锁。

4.1.2 功能设计

(1) 进路预检。调度员在 CTC 界面上录入需要进路预检的车次,系统对该列车所经车站进路上的道岔、无岔区段、信号机按钮进行检查,若存在单锁的道岔开向与进路不符、存在封锁区段和按钮、存在电力牵引列车与区段无电冲突等情况,系统给出报警。

(2) 一键加锁。系统自动触发进路或调度员人工触发进路序列完成后,调度员选择已触发的进路序列,点击“进路道岔单锁”后系统自动将进路上的道岔逐一加锁;列车出清进路后,相关道岔需要人工解除单锁。

4.2 CTC 模式转换前后的站场设备状态的自动比对功能

4.2.1 功能需求

当前现场作业要求为线路维修或者施工作业时,需要将 CTC 车站的操作方式由中心操作方式转换为车站操作方式,在现场作业过程中,车站可能会改变道岔单锁/封锁、信号机/区段封锁、信号机点灯灭灯、供电臂停送电等状态,线路维修或者施工作业完毕后转回中心操作方式,需要人工逐一核对。

4.2.2 功能设计

CTC 系统在操作方式转换前,系统自动对站场信号设

备状态进行存储（系统同时支持当前站场信号设备状态人工存储），操作方式转换后，人工可以将当前站场设备状态与之前自动存储的状态进行对比，系统给出相应的差异状态，并对相关设备的重点状态（道岔单锁/封锁、信号机/区段封锁、信号机点灯灭灯、供电臂停送电）进行高亮显示，以提示人工干预操作。

4.3 CTC 常态灭灯区段按 LKJ 方式行车点灯提示功能

4.3.1 功能需求

当前现场作业要求在高铁 CTC 常态灭灯区段接发按 LKJ 方式运行的列车（例如天窗时段开行的路用列车）或接发按 LKJ 方式、隔离模式运行的动车组列车时，均需按规定点亮信号灯。

4.3.2 功能设计

根据高铁《技规》的规定对需点灯运行的列车，列车调度员可以通过列车运行线右键菜单设置“LKJ 控车”属性，并下达计划至车站。当该列车达到信号触发时机但系统检查到相关信号灯未点亮时，系统不会自动触发该列车相关进路并弹窗提示人工干预。

4.4 调度作业智能化检索和分析功能

4.4.1 功能需求

主要解决现场作业存在调度员违规操作行为无法进行记录保存，事故发生时无法分析具体的操作过程，安全管理盯控的投入成本高，效果不佳等难题。

4.4.2 功能设计

（1）高危操作行为识别与处理。本系统通过从 CTC/TDCS 等行车调度系统中实时获取运行数据，对列车和设备的运行状态进行持续监测。基于预设的风险评估模型，能够自动识别可能引发安全事故的操作行为，可以根据风险等级提供相应的预警信息。

（2）数据存储管理。通过对采集到的高危操作事件进行了科学分类与存储，建立包含时间戳、操作人信息、事件类型等多个指标体系，实现了高效的数据检索和分析功能，为调度作业的风险评估提供可靠数据支持。

（3）场景回放与态势感知。这样功能可实现特定时间段内运行状态的历史追溯，调度管理人员能够查看站场设备状态、进路序列变化、报警信息等关键内容，管理人员也可以根据实际需求自定义调整监控时间窗口，可以对相关的作业场景进行回放分析。

（3）统计分析与趋势预测。这项功能可以从时间和组织两个方面对列车调度员的高危操作行为进行量化分析。在时间上，支持按日、周、月、年等周期生成统计报表；在空间上，则能够按照路局、站段、车站的层级结构进行数据汇总与对比分析，为管理者提供多维度决策依据。

（4）操作行为深度分析。人工分析功能：调度管理人员通过系统提供的“我的收藏”功能模块，将重点关注的报警信息保存至个人工作区，以便后续详细查看和深入研究。同时，系统还设置了常用定性分析模板，可以快速完成分析结果记录与分类提供了便捷工具。

自动分析功能：通过预先配置的规则库（如施工计划、天窗时间等关键参数），系统能够对历史数据进行智能解析，并对发现的异常情况进行自动标注。这种智能化的辅助决策机制，显著提升了问题识别效率，为管理人员制定应对策略提供了有力支持。

5 技术经济指标

本研究主要实现了以下功能及目标：一是实现列车进路一键加锁功能。在实际应用中，“一键加锁”功能不仅可以减少调度员的重复性劳动，还能在紧急情况下迅速响应，确保列车运行的安全性和准点率。通过数据统计分析，使用该功能后，调度员的操作时间平均减少了约 30%，特别是在高峰期，这一功能的引入有效缓解了调度员的工作压力。二是实现 CTC 模式转换前后的站场设备状态自动对比功能。在线路维修或施工作业完成后，系统能够自动对比模式切换前后站场设备的状态变化。该功能通过智能化的数据校验和状态核对，减少了人为操作失误的可能性。三是实现 CTC 常态灭灯区段按 LKJ 方式行车点灯提示功能。针对采用 LKJ 控车的列车，调度员在设置“LKJ 控车”选项后，系统会在自动排列进路前检查进出站信号机的显示状态。当发现处于灭灯状态时，系统将无法自动触发进路，并通过语音报警提醒列车调度员进行操作。可以实现避免漏控风险：通过实时监测和反馈机制，有效防止了调度员因疏忽导致的操作失误。提高行车安全系数：在 LKJ 控车区段，系统提供的点灯提示功能为列车运行提供了更加直观的安全保障。

6 结论

本研究以调度集中系统为基础平台，重点针对列车进路操作优化与行车安全技术提升，进行了多项核心功能的开发与应用研究。这些技术创新成果具有较强的先进性和适用性，能够在全路范围内具备 TDCS/CTC 升级条件的列车调度台中直接推广应用。通过本研究的技术突破与实际应用，显著提升了 CTC 系统的自动化水平和智能化管理能力，进一步优化了调度员的工作流程与作业质量，提高了行车组织效率。

同时，这些技术的应用为保障行车调度安全、降低人为操作风险提供了可靠的技术支撑，有力推动了铁路运输的安全性与高效化发展。未来，随着人工智能和大数据技术的不断发展，CTC 系统的功能将进一步完善，将为铁路运输调度指挥发展提供坚实的安全保障。

参考文献

- [1] 国家铁路局关于发布《调度集中系统技术条件》等 12 项铁道行业技术标准英文译本 [J]. 铁道技术监督, 2021, 49 (05): 62.
- [2] 刘黎, 刘文顺, 赵一磊, 等. 高速铁路调度集中系统智能运维体系研究 [J]. 中国铁路, 2025, (02): 128-136. DOI:10.19549/j.issn.1001-683x.2024.05.29.016.
- [3] 曾壹, 王建英, 李智, 等. 铁路智能调度集中系统软件集成测试方法研究 [J]. 铁道学报, 2024, 46 (06): 101-107.